

Determinación de la concentración de ozono total sobre Río Gallegos utilizando un radiómetro y un modelo de transferencia radiativa.

Determination of the total ozone concentration on Rio Gallegos using a radiometer and a model of radiative transference.

J. Salvador¹, E. Wolfram², J. Pallotta³, R. D'Elia², E. Quel²

1. Becario **Universidad Nacional de San Martín**. Belgrano 3563 1º piso San Martín, Buenos Aires - Argentina
2. **CEILAP** (CITEFA-CONICET) Juan B. de La Salle 4397- B1603ALO Villa Martelli, Buenos Aires-Argentina.
3. Becario Observatorio **AUGER** Av. San Martín 304 Malargue, Mendoza -Argentina.
jsalvador@citefa.gov.ar

Con el objetivo de calcular la concentración de ozono total, se han combinado las mediciones de irradiancia global solar obtenidas con un radiómetro multicanal GUV-541 y el modelo de transferencia radiativa TUV. El cálculo de la abundancia total de ozono es derivado de la comparación entre los cocientes de las irradiancias medidas a 305nm y 340nm con una tabla sintética de este mismo cociente modelada para una variedad de concentraciones de ozono diferentes. En el presente trabajo se comparan los valores de ozono total derivados por este método con los medidos por los instrumentos TOMS y OMI para la localidad de Río Gallegos (51.9 S, 69.2 W) en donde se está realizando desde agosto de 2005 la campaña SOLAR (Stratospheric Ozone Lidar of Argentina). La misma tiene, entre otros, el objetivo de sensar la radiación ultravioleta solar en superficie en esta localidad, la cual está afectada por el paso de las cercanías del agujero de ozono que se forma cada primavera sobre la Antártida. Para ciertos eventos de reducción significativa del contenido total de ozono sobre esta ciudad ocurridos en octubre de 2005, se han utilizado perfiles de ozono medidos con técnica lidar para estos días como parámetro de entrada del modelo de transferencia radiativa con el fin de evaluar la contribución relativa que esta situación tiene en la modelización de la irradiancia UV en contraposición de utilizar perfiles medios climatológicos utilizados por defecto en este tipo de modelos.

Palabras clave: ozono, radiación UV, lidar.

In order to calculate the total ozone concentration, the measurements of global solar irradiance have been mixed with a multichannel radiometer GUV 541 and the transfer radiative model TUV. The calculation of the total abundance of ozone derives from the comparison between the ratios of the measured irradiances at 305nm and 340nm with a synthetic table of the same ratios made up for a wide variety of total ozone concentration. This work compares the total ozone value derived from this method with the measured by the TOMS and OMI instruments located in Rio Gallegos (51.9S, 69.2W), which is being made since August, 2005 the campaign SOLAR (Stratospheric Ozone Lidar of Argentina). This one has, the objective to measure ultraviolet solar radiation in surface in this locality, which is affected for the proximity of the ozone hole that form each spring over the Antartida. The ozone profiles measured with technique lidar have been used for these days like parameter of entrance of the transfer radiative model with the purpose of evaluating the relative contribution that this situation must in modelization of irradiance UV in contrast to use climatologic average profiles used by defect in this type of models.

Keywords: ozone, UV radiation, lidar.

I. INTRODUCCIÓN

Desde junio del 2005 se encuentra funcionando en la ciudad de Río Gallegos - Santa Cruz, Argentina un laboratorio de medición de parámetros atmosféricos dependiente del CEILAP (CITEFA-CONICET)¹. Este sitio de mediciones cuenta con diferentes instrumentos para el sensado de la radiación ultravioleta que acompañado además por su ubicación geográfica preferencial, cercana al agujero de ozono que todos los años se forma sobre el sector antártico, posibilita poder cuantificar disminuciones de los niveles medios en la columna total de ozono. Las reacciones de destrucción del ozono son especialmente intensas en las Nubes Estratosféricas Polares (PSC) que se forman sobre la Antártida durante la noche polar. Estas reacciones tienen lugar en la superficie de las partículas de hielo presentes en las PSC donde se libera cloro y bromo en formas activas que se acumularán a lo largo de todo el invierno.

Quando en la primavera sale el sol, las nubes se disgregan y liberan cloro y bromo activos, que destruyen rápidamente el ozono. Consecuencia de ello, aparece una zona de acusada disminución de la concentración de ozono sobre la mayor parte de la Antártida durante unos dos meses en la primavera del hemisferio austral². La circulación atmosférica acelera la disminución del ozono, al desplazar de los trópicos hacia los polos a los CFC que se hallan en la estratosfera.

La capa de ozono es considerada como un filtro invisible que protege toda forma de vida contra los peligros de la sobreexposición a los rayos ultravioletas. La disminución del contenido integral de ozono induce un aumento de la radiación ultravioleta que llega a la superficie, susceptible de afectar la salud de los seres humanos. Por ello la cercanía al agujero de ozono, convierte en este lugar en un sitio de mediciones de gran interés.

II. METODOLOGÍA

En el presente trabajo el instrumento a utilizar, para calcular los valores de columna total de ozono a partir de la irradiancia espectral, es un radiómetro con filtros multicanal GUV-541 fabricado por la compañía Biospherical Instruments, San Diego. El GUV-541 posee cinco canales de medición de UV con longitudes de onda en 305, 313, 320, 340 y 380 nm cada una en un ancho de banda de 10 nm (FWHM) aproximadamente.

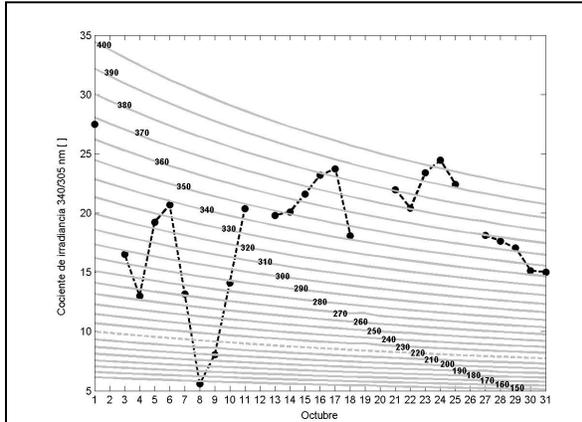


Figura 1. Tabla sintética, de los cocientes de irradiancia espectral, calculado con el modelo TUV para el mes de octubre del 2005, en el que se superpusieron los cocientes de irradiancia espectral medido por el instrumento en el mismo período.

A partir de las mediciones realizadas con este instrumento, tomando específicamente los valores de irradiancia en 340 y 305 nm, se calculó su cociente en el entorno del mediodía solar tomando el periodo que va desde julio del 2005 a agosto del 2006 los cuales fueron comparados con los cocientes de las irradiancias

modelizadas también en 340 y 305 nm para una amplia variedad de valores de columna total de ozono³, desde 10DU hasta 700DU y para diferentes ángulos zenitales, utilizando el modelo de transferencia radiativa TUV (Tropospheric Ultraviolet-Visible Model) desarrollado por Madronich (www.acd.ucar.edu/TUV) el cual utiliza la aproximación del método two-stream en la que la distribución angular de la intensidad o radiancia está representada por una función simple que permite expresar la ecuación integrodiferencial de transferencia radiativa en términos matemáticamente resolubles, utilizando el esquema delta-Eddington para su resolución, dicha tabla sintética se puede visualizar en la figura 1. para el mes de octubre, superponiendo a la misma los cocientes de irradiancia 340/305 nm adquiridos por el instrumento en el mismo período. A partir de la interpolación lineal entre los cocientes obtenidos con los datos de irradiancia del GUV-541, que es siempre posible si se considera que ambas longitudes de onda son atenuadas de la misma manera por la nube. Así se hace posible inferir el valor de la columna total de ozono a partir del dato producido por el GUV-541.

III. RESULTADOS

Se analizó la serie temporal que va desde julio del 2005 a agosto del 2006 y para cada día se calculó el valor de columna total de ozono.

En la Figura 2. puede visualizarse el valor de columna total calculado por este método y superpuesto los valores de columna total provistos por el satélite AURA para la ciudad de Rio Gallegos, el cual tiene incorporado un instrumento denominado OMI (Ozone Monitoring Instrument) para la medición entre otros parámetros de la columna total de ozono.

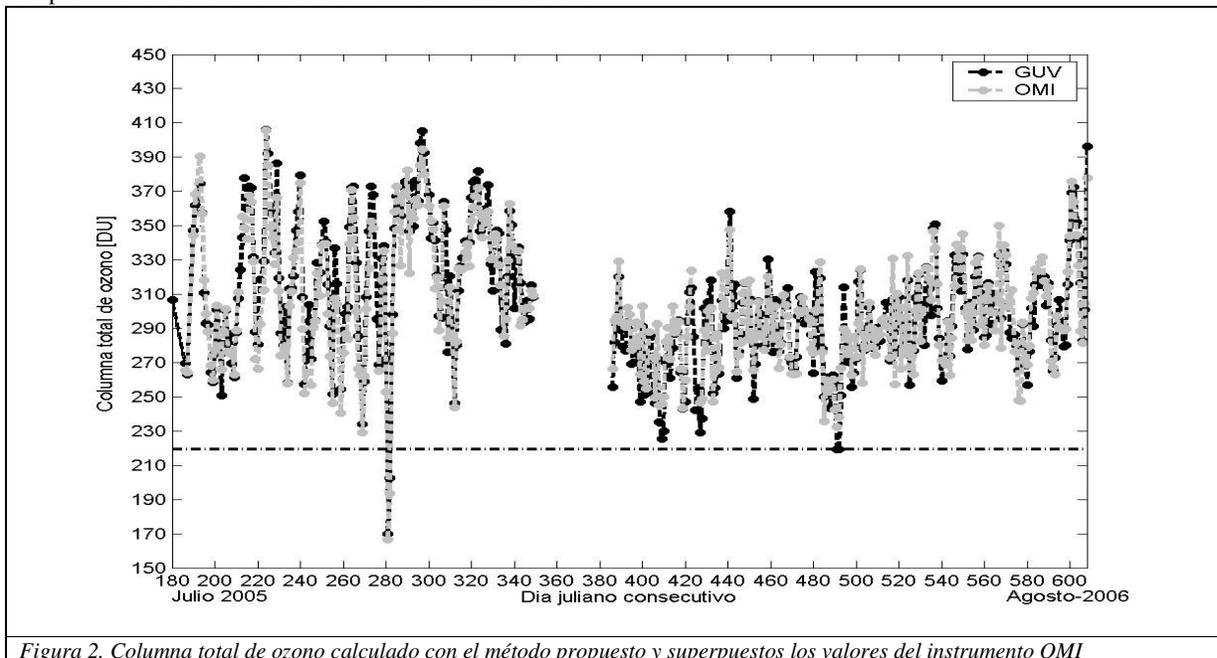


Figura 2. Columna total de ozono calculado con el método propuesto y superpuestos los valores del instrumento OMI

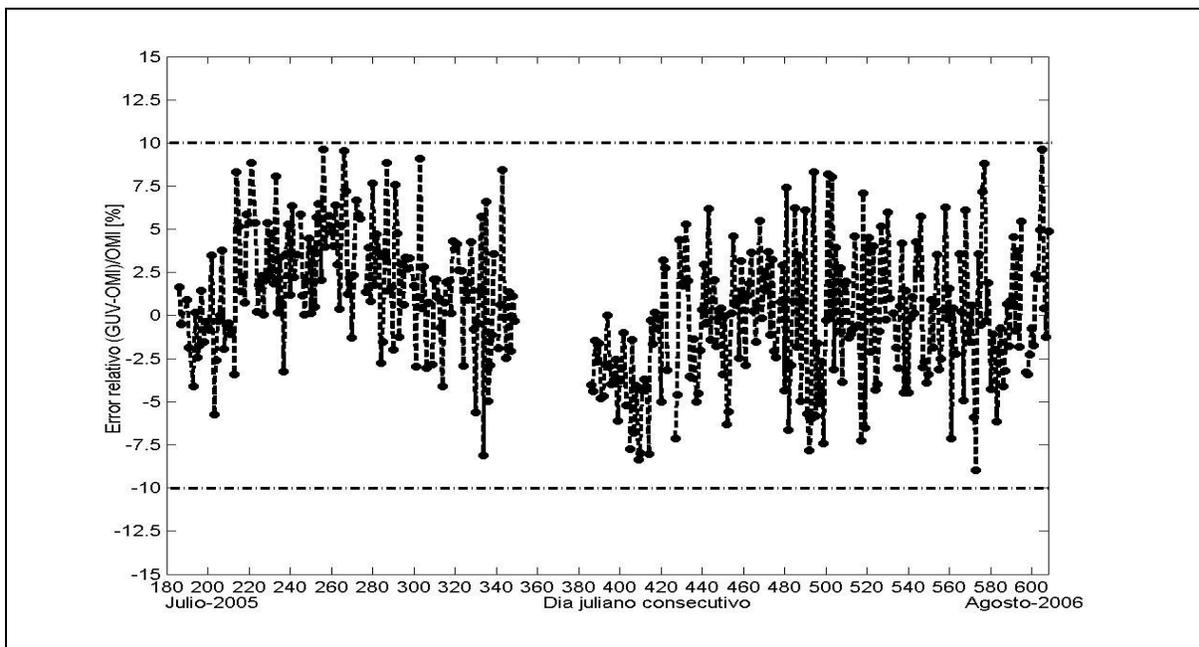


Figura 3. Error relativo entre los instrumentos GUV y OMI.

En la Figura 3. es posible visualizar el error relativo cometido entre las dos mediciones anteriores y se determina que todo el error cometido esta contenido en una banda del $\pm 10\%$.

IV. DISCUSIÓN

En Octubre 9 del 2005, un evento masivo de disminucion de ozono estratosférico se produjo sobre la ciudad patagónica de Río Gallegos, como consecuencia del cruce del agujero de ozono, lo cual puede verse en la imagen satelital provista por el satélite AURA y que se muestra en la Figura 4.

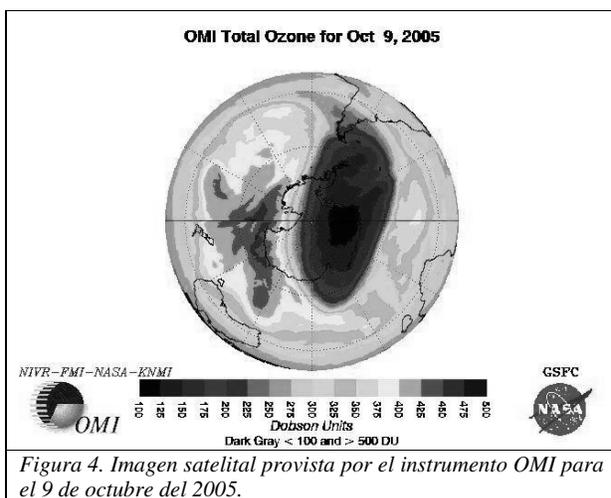


Figura 4. Imagen satelital provista por el instrumento OMI para el 9 de octubre del 2005.

Su correlación puede ser vista en la imagen de la Figura 5. en donde se representan en forma gráfica los valores de columna total de ozono para el mes de octubre del 2005. Además se le superpuso la medición de columna total realizada por un Brewer instalado en la UMAG (Universidad de Magallanes) en la ciudad de Punta Arenas (53° S, 70.85° W) – Chile, distante 200km de la ciudad de Río Gallegos.

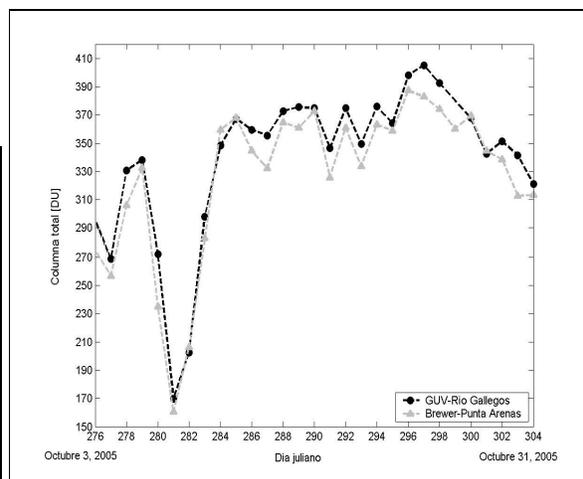


Figura 5. Valores de columna total para la ciudad de Río Gallegos y para la ciudad de Punta Arenas-Chile.

Para el día juliano 282, correspondiente al 9 de octubre del 2005, la medición del Brewer como la del radiómetro GUV, arrojan valores comparables con el método propuesto.

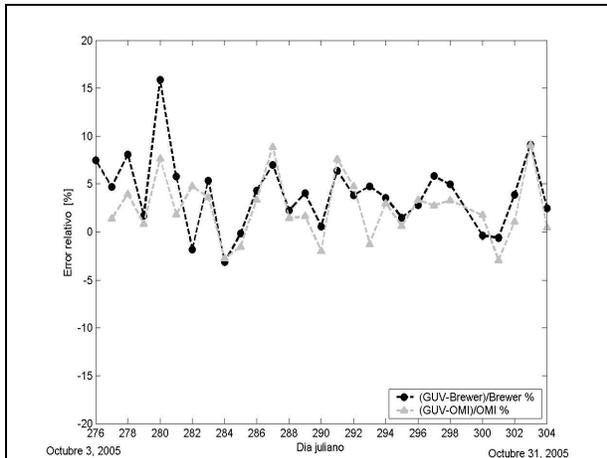


Figura 6. Error relativo del radiómetro GUV con los instrumentos OMI y Brewer.

En la Figura 6. se calcula el error relativo del GUV con los instrumentos OMI y Brewer, para todo el mes de octubre, en el que se puede distinguir que el error relativo de ambos se encuentra contenido dentro de una banda del 10%. La diferencia que sale de esa banda corresponde al día juliano 280 que corresponde al 7 de octubre del 2005 en donde se puede visualizar una diferencia mayor al 15% entre el valor de columna total calculado con el GUV en Río Gallegos y el valor medido por el Brewer en Punta Arenas.

La Figura 7. ilustra el valor de columna total de ozono medido por el instrumento OMI en la ciudad de Punta Arenas y Río Gallegos, tomando como días los correspondientes al periodo del cruce del vortice del agujero de ozono en esta región que van desde el 6 al 11 de octubre del 2005.

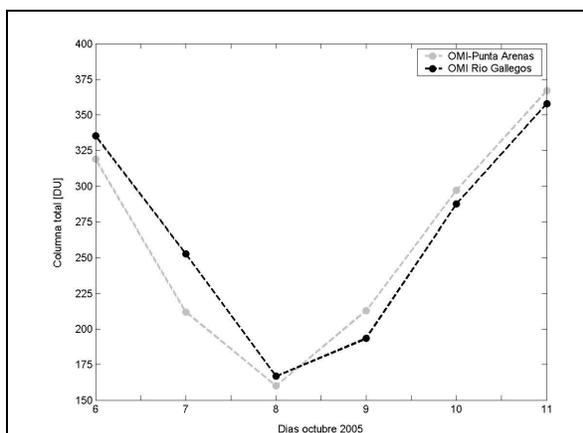


Figura 7. Valores de columna total medidos por el OMI en Punta Arenas y Río Gallegos para el periodo del cruce del vortice del agujero de ozono en el año 2005.

La marcada diferencia en el valor de columna total para el día 7 de octubre que se aprecia en la Figura 7. entre ambas ciudades es debida al comienzo del cruce del agujero de ozono antártico por sobre el continente, iniciándose desde Punta Arenas con una depresión en el valor de columna total de ozono y luego para los días siguientes para la ciudad de Río Gallegos, teniendo un mínimo en ambas ciudades para el día 8 de octubre.

V. MODELIZACIÓN

Un objetivo de este trabajo, es poder contrastar los valores de irradiancia espectral arrojadas por el modelo de transferencia radiativa TUV tomando como parámetro de entrada una medición del perfil de ozono estratosférico con la técnica DIAL⁴.

En la Figura 8. se puede visualizar un perfil de ozono medido con un sistema Lidar en la ciudad de Río Gallegos para el día 2 de octubre del 2005.

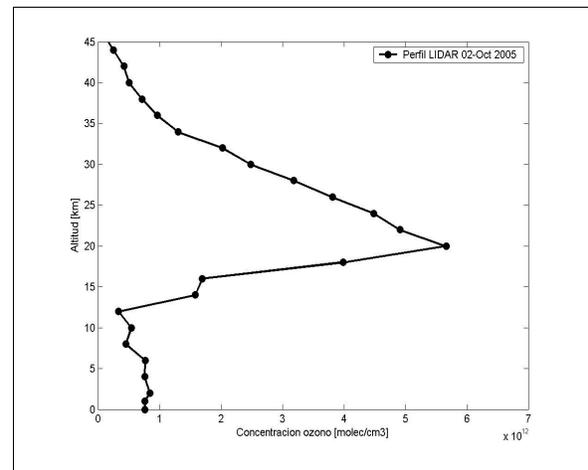


Figura 8. Comparación de dos perfiles, uno correspondiente al medio climatológico del US-Std, y el otro a una medición LIDAR en Río Gallegos.

Dicho perfil fue ingresado como parámetro de entrada en el modelo de transferencia radiativa TUV, con el objetivo de poder modelizar más realmente la línea espectral de 305nm, la más sensible a los cambios en la columna total de ozono. Dicho resultado se expone en la Figura 9. en donde además de la línea espectral modelizada en 305 nm se le superpone la medición realizada por el radiómetro GUV también en 305nm permitiendo ver la diferencia entre ambas.

En este trabajo no se expone como resultado la línea espectral modelada con el perfil climatológico del US-Std por considerarse que la contribución es despreciable, con respecto a la línea modelada con el perfil medido.

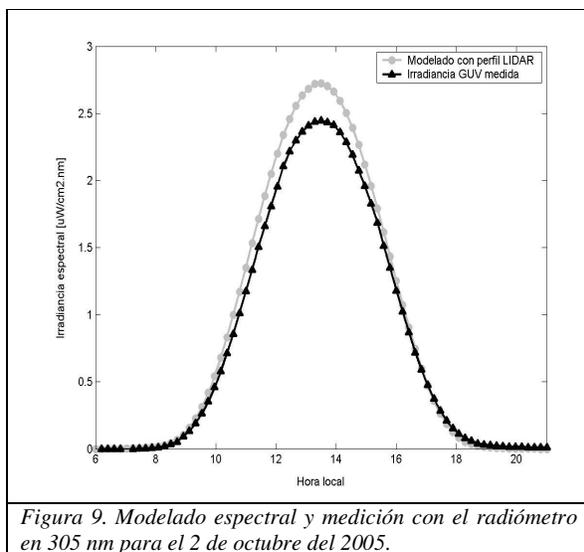


Figura 9. Modelado espectral y medición con el radiómetro en 305 nm para el 2 de octubre del 2005.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se relevaron los datos de las mediciones provistas por el radiómetro GUV-541 en el lapso que va desde julio del 2005 a agosto del 2006, y se concluye que el método presentado provee buena exactitud en la determinación de la columna total de ozono, obteniéndose una banda de error tolerable dentro del 10% visto en la Figura 3. la misma presenta un desplazamiento hacia valores relativos mayores a cero, demostrando que el instrumento mide en exceso. Este exceso puede ser explicado por medio del cociente de irradiancias, que guarda estrecha relación con la sensibilidad del canal de 305 nm, que es el más afectado por los cambios en la concentración de ozono, en comparación con la línea de 340 nm que no lo es.

Este método permitió también contrastar los valores calculados de columna total de ozono en la ciudad de Río Gallegos, por los medidos por un Brewer en Punta Arenas y permitió establecer comparaciones relativas, la cuales determinaron que el día 7 de octubre del 2005 la diferencia de columna total en Río Gallegos y Punta Arenas fue mayor a un 15% por lo que en este trabajo se concluye que esa diferencia se debió al comienzo del cruce del vórtice del agujero del ozono por sobre el continente comenzando desde Chile y provocando para los días sucesivos una depresión de ozono uniforme tanto para Punta Arenas como para Río Gallegos, esto se observa en la Figura 7. a partir del día 8 hasta el 11 de octubre del 2005.

Por último este trabajo concluye que el modelado de la línea espectral en 305 nm tomando como dato de entrada un perfil de ozono estratosférico visualizado en la Figura 8. medido con un Lidar arroja valores de irradiancia similares si en el mismo se superpone la medición de la línea de 305nm realizada con el radiómetro GUV para el mismo día en la que se hizo la medición del perfil, dicha comparación puede ser vista en la Figura 9.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la JICA (Japanese International Cooperation Agency), Argentina, por la financiación de la campaña SOLAR, al Dr Claudio Cassicia director del laboratorio de ozono y radiación ultravioleta de la UMAG (Universidad de Magallanes), Punta Arenas, Chile, y a la UNSAM por el sustento económico de uno de sus becarios.

VII. REFERENCIAS

1. Wolfram, E., B. Milicic, A. Pazmiño, O. Bonfili, J. Salvador, J. Pallotta, H. Nakane, S. Godin-Beeckmann, E. Quel, "Estudio de la factibilidad de la campaña solar para la medición de ozono estratosférico utilizando láser en Río Gallegos", CONGREGMET IX, Octubre 3-7, 2005, Buenos Aires, Argentina.
2. Farman, J. C., B. G. Gardiner, J. D. Shanklin, Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction, Nature, 315,207-210,1985
Word Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, Word Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring project, Report N 44, Genova 1999.
3. Stamnes K, J. Slusser, M Bowen. Derivation of total ozone abundance and cloud effects from spectral irradiance measurements. APPLIED OPTICS/ Vol 30, No 30/ 20 octubre 1991.
4. Wolfram Elian ,Jacobo Salvador, Lidia Otero, Andrea Pazmiño, Jacques Porteneuve, Sophie Godin-Beeckmann ,Hideaki Nakane, Eduardo Quel. SOLAR CAMPAIGN: STRATOSPHERIC OZONE LIDAR OF ARGENTINA. Proceeding SPIE Vol. 5887, p.251-256, Lidar Remote Sensing for Environmental Monitoring VI San Diego, Upendra N. Singh; Ed. (August 2005)